The background of the page is white with two decorative lines: a green line and an orange line. Both lines start from the top left and extend towards the right, with the orange line curving more sharply than the green line. The text is positioned in the upper left area of the page.

***Guia De Boas Práticas –
Prevenção De Incêndios***

1. INTRODUÇÃO

Os eventos de incêndio e princípio de incêndio em instalações de sondas de perfuração marítima podem levar a consequências severas como lesões graves às pessoas ou até mesmo fatalidades e, a depender das proporções do evento e eficiência dos sistemas de detecção e combate, podem causar perdas materiais, de equipamentos com possibilidade de perda da unidade.

1.1. MOTIVAÇÃO

Conforme análise dos Relatório Detalhados de Incidentes (RDI) relacionados a eventos de incêndio e princípio de incêndio entre os anos de 2016 e 2019 é possível notar um total de 53 eventos reportados, onde 24 RDIs tiveram como causa associado ao evento “falha de manutenção”. A Figura 1 apresenta o quantitativo de eventos de incêndio e princípio de incêndio nesse período bem como a distribuição de acordo com os fatores causais apontados nos RDIs.

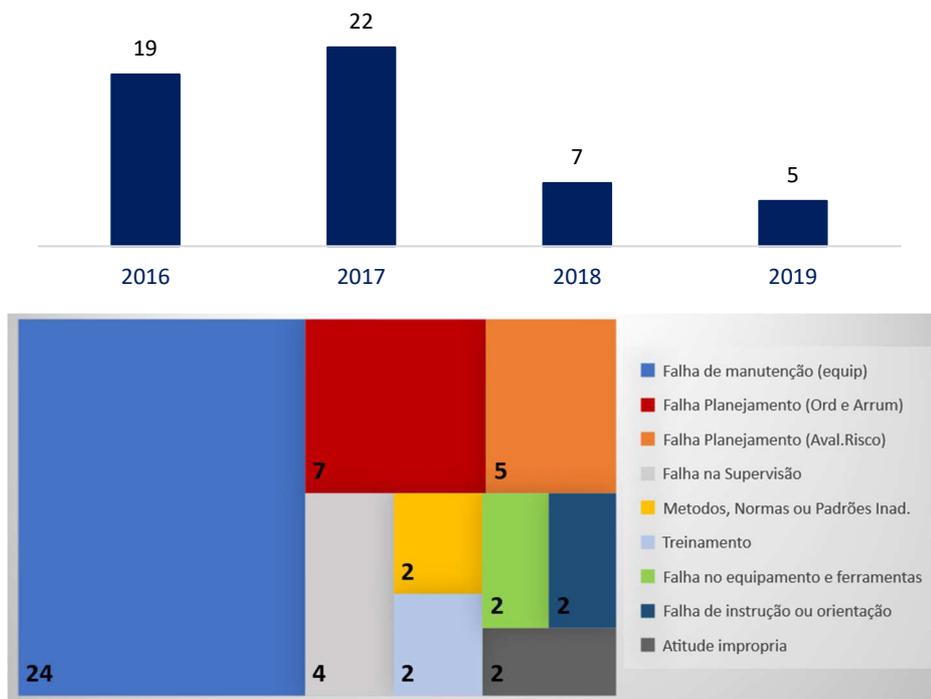


Figura 1: Dados coletados dos RDIs entre os anos 2016 a 2019. (As causas que ao longo desse período registraram apenas 1 ocorrência foram retiradas do mapa).

1.2. DEFINIÇÕES

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, classifica os eventos relativos a incêndio da seguinte maneira:

Incêndio maior

Qualquer incêndio que cause:

- Fatalidade(s) ou ferimento(s) grave(s);

- b) Perda da instalação;
- c) Parada não-programada de no mínimo 72 (setenta e duas) horas.

Incêndio significativo

Qualquer incêndio que cause:

- a) Ferimento que acarrete afastamento e que não seja categorizado como ferimento grave;
- b) Dano a uma instalação que é julgado com potencial de causar fatalidade(s) ou ferimento(s) grave(s);
- c) Dano a uma instalação que tenha ocasionado mobilização da força de trabalho para ponto de abandono da instalação;
- d) Dano severo que comprometa, de maneira significativa, a integridade estrutural de uma instalação (de uma perspectiva de meio ambiente ou segurança), caso esta continue operando sem reparo imediato.

Princípio de incêndio

Período inicial da queima de materiais, compostos químicos ou equipamentos que, por ter sido debelada ou interrompida, não evoluiu para um incêndio significativo ou maior.

Nota: Não é o objetivo deste guia discutir as definições de princípio de incêndio e incêndio colocadas acima.

1.3. TRIÂNGULO DO FOGO

A interação dos três lados iguais do triângulo do fogo: CALOR, COMBUSTÍVEL E OXIGÊNIO (Figura 2), é necessária para a criação e manutenção do fogo. Quando não há geração de calor suficiente para sustentar o processo, quando o combustível é exaurido, removido ou isolado, ou quando o suprimento de oxigênio é limitado, um lado do triângulo é quebrado e o fogo é suprimido.

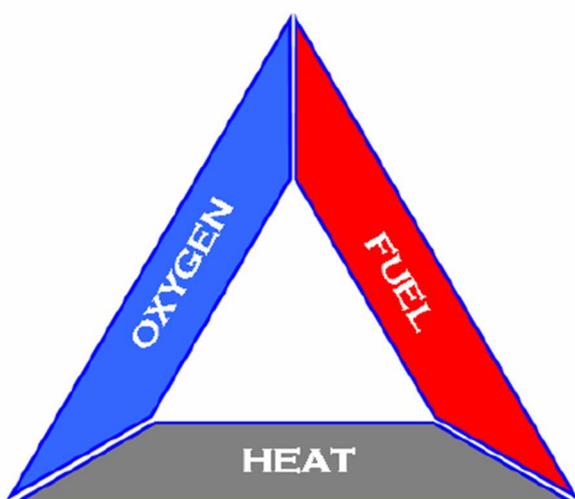


Figura 2: Representação esquemática do Triângulo do Fogo.

Não é possível excluir o ar dos ambientes onde os equipamentos estão instalados, exceto quando ativamente suprimindo um incêndio, portanto, o controle do suprimento de oxigênio não é um meio prático de prevenir

incêndios. No entanto, há espaços como tanques de carga ou tanques de resíduos que fazem parte de uma área de carga e podem ser inertizados usando um sistema de gás inerte.

No histórico das unidades de perfuração os eventos de incêndio e princípio de incêndio ocorreram com dois tipos de óleos: diesel e lubrificante. Quando há vazamento de óleos inflamáveis em espaços como praças de máquinas ou onde há fonte potencial de ignição, pode ocorrer um incêndio dependendo da situação. Para evitar vazamentos, respingos ou *spray* de óleo, as seguintes medidas devem ser consideradas conforme:

- Protetores contra spray para juntas flangeadas/roscadas de tubulações contendo óleo diesel, óleo lubrificante e óleo hidráulico;
- Sistema de tubulação encamisada para tubulações de combustível de alta pressão;
- Localização da tubulação de óleo inflamável;
- Localização de tubos de sondagem de tanques, saídas de ar e dispositivos de medição de nível;
- Sistemas de medição de gases inflamáveis.

Por outro lado há superfícies quentes e potenciais fontes de ignição em praças de máquinas, salas de centrífugas e purificação de diesel e outros espaços sujeitos a incêndio. Para auxiliar na prevenção de um incêndio originado como resultado do contato direto de óleo inflamável com superfícies de alta temperatura, essas superfícies devem ser devidamente isoladas. As seguintes medidas devem ser consideradas:

- Isolamento de superfícies de alta temperatura;
- A superfície de qualquer revestimento de isolamento utilizados em praças/casas de máquina onde a penetração de óleo é possível deve ser impermeável a óleo ou vapores de óleo. Isso se aplica igualmente nos casos em que o isolamento é aplicado para atender à prática do estaleiro ou a pedido do proprietário, por exemplo, para reduzir a perda de calor ou para proteger a tripulação; e
- Proteção contra spray de alguns equipamentos elétricos.

A Figura 3 apresenta as condições de uma sala de máquina após um evento de incêndio devido ao vazamento de combustível.



Figura 3: Sala de máquinas após incêndio devido a vazamento de combustível.

Analisando o triângulo do fogo, os controles para prevenção de incêndios e princípios de incêndios relativos a equipamentos elétricos também são cobertos pelos lados de combustível e fonte de calor do triângulo do fogo.

O descontrole da energia elétrica é uma potencial fonte de ignição a partir de um arco elétrico ocasionado por um curto-circuito por exemplo. Os curtos-circuitos podem ser ocasionados por fatores como sobrecarga, falha de isolamento, etc.

Geralmente os eventos de incêndio ocasionados a partir de energia elétrica somente se propagam com a existência de material combustível, por exemplo madeira, papel, fluidos inflamáveis, etc. Por esse motivo em locais e equipamentos com risco de arco elétrico os cuidados com o armazenamento de materiais e a organização e limpeza do local é fundamental.

Na Figura 4 é apresentado o aspecto de um painel elétrico após um evento de curto-circuito.



Figura 4: Painel elétrico após curto circuito.

2. OBJETIVO

O guia reúne as boas práticas que devem ser adotadas no planejamento e na execução das atividades de manutenção relacionadas a equipamentos/sistemas/componentes que podem levar a um evento de incêndio e/ou princípio de incêndio em caso de falha de algum componente. Neste guia são compartilhadas tarefas de manutenção e orientações de uso que devem ser compreendidas como barreiras de prevenção de eventos dessa natureza.

Nota: O guia não é voltado para os equipamentos e sistemas de combate e detecção de incêndios, uma vez que estes são barreiras de mitigação.

3. PREMISSAS E LIMITAÇÕES DO GUIA

No item 1 foi apresentada a análise dos eventos onde 50% das causas estão relacionadas a “Falha de Manutenção”, contudo ao aprofundar na descrição e avaliação das causas de todos os eventos, é notado falhas onde o processo de gestão de manutenção e integridade seria uma barreira para prevenção dos eventos. Também foi verificado que 48 eventos estavam relacionados a algum equipamento. Dessa forma a análise foi concentrada nesses eventos, conforme os paretos abaixo (Figura 5). Uma premissa aqui adotada é a unificação de equipamentos/componentes elétricos (painéis, cabos, motores e plugs) como equipamentos elétricos.

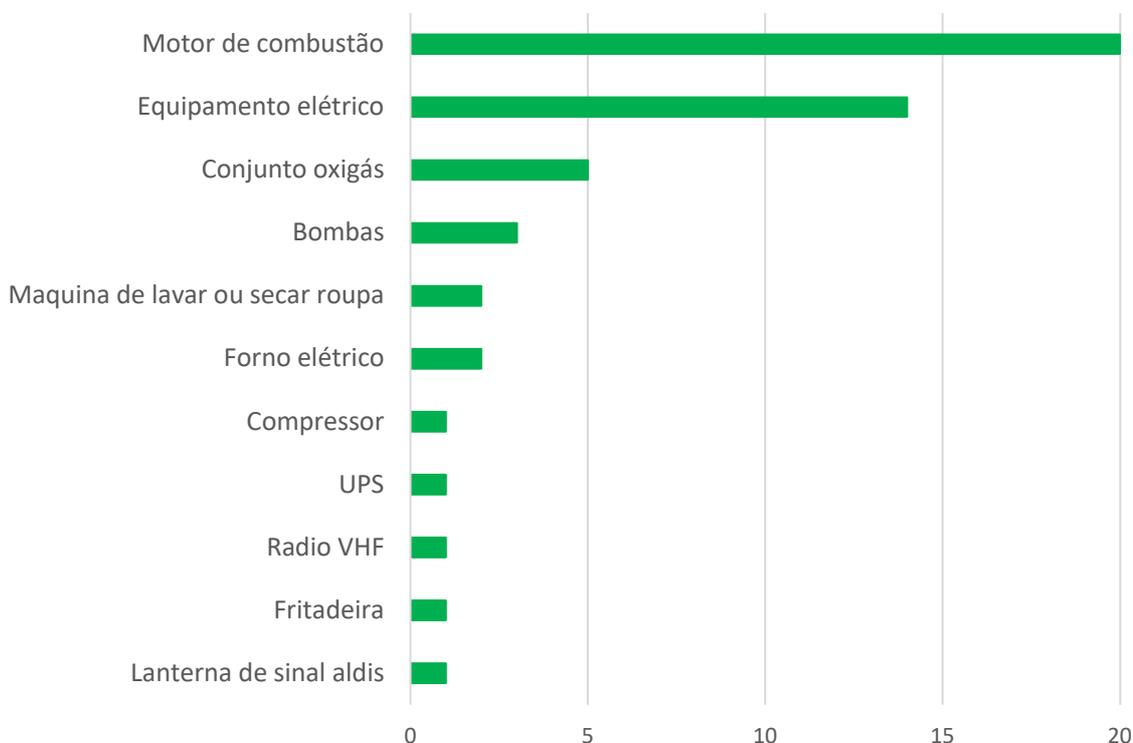


Figura 5: Pareto com distribuição dos eventos de incêndio/princípio de incêndio por equipamento.

Considerando o histórico de eventos na Figura 5, é notável a concentração de eventos de incêndio em motores a combustão (moto-geradores e motores de guindastes).

A análise de pareto evidencia que 36 eventos se concentram em três grupos de equipamentos, onde é possível observar que 17 e 14 eventos estão relacionados a motores de combustão e equipamentos elétricos, respectivamente

Os eventos relacionados a conjunto oxigás serão abordados em um volume a parte deste guia, pois as tratativas das causas dos eventos não são referentes a gestão de manutenção e integridade.

Totalizando serão abordados 36 de 48 eventos no período avaliado, representando 75% dos eventos de incêndio/princípio de incêndio relacionados a equipamentos.

De maneira indireta serão apresentadas boas práticas relacionadas a acoplamentos e transmissões em máquinas elétricas rotativas onde parte de evento relacionados a bombas estão cobertos.

4. TIPOS DE FALHA

4.1. MOTORES DE COMBUSTÃO

Conforme o *bowtie* simplificado abaixo (Figura 6), pode-se observar as seguintes barreiras:

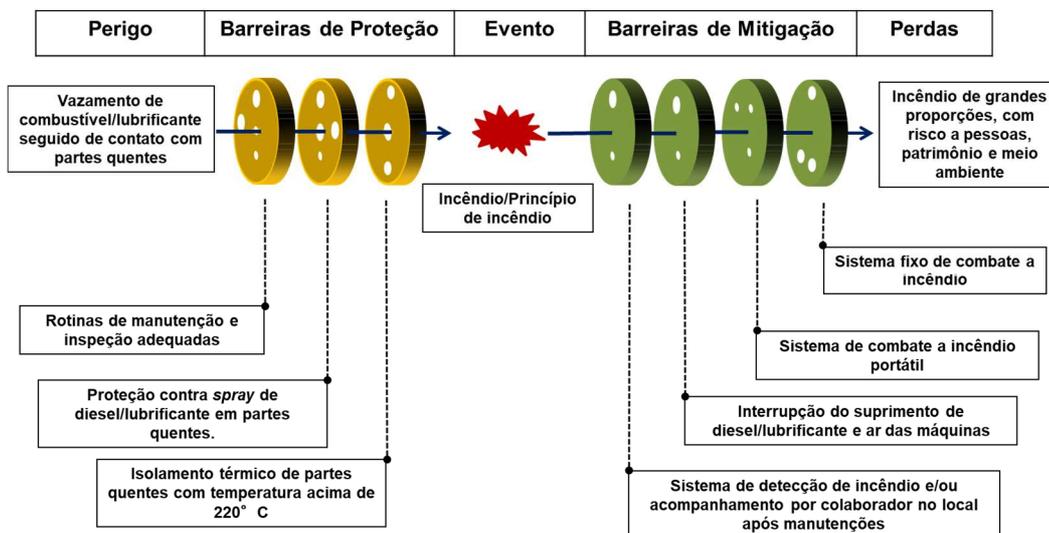


Figura 6: Bow tie simplificado para eventos com motores de combustão.

Nos eventos analisados nos RDIs, as seguintes falhas foram observadas:

- Trinca na tubulação de gases de escape;
- Falha prematura no mancal e no eixo da turbina;
- Desbalanceamento do conjunto rotativo do turbocompressor;
- Depósitos de carbono no lado da turbina;
- Vazamento em mangueira e lubrificação;
- Vazamento em juntas de expansão;
- Falhas no isolamento de linhas de exaustão;
- Vazamento de diesel devido a falha em plugue de filtro seguido de contato com superfície quente;
- Fechamento indevido do flap na alimentação de ar do motor a montante da turbina;
- Vazamento nos tubos de injeção de diesel por falta de fixação;
- Falha na vedação dos injetores devido a dano no selo durante a instalação;
- Falha no mancal da turbina
- Ordem, limpeza e arrumação deficientes (cabo de sisal deixado em descarga de motor após manutenção)

4.2. EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

Conforme o *bowtie* simplificado abaixo (Figura 7), pode-se observar as seguintes barreiras:

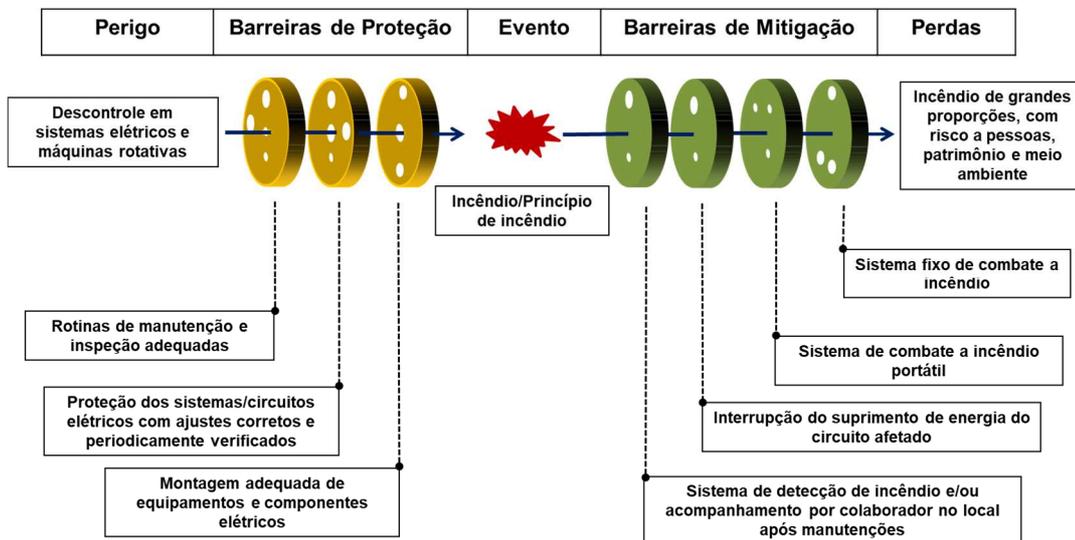


Figura 7: Bowtie simplificado para eventos em equipamentos elétricos.

Nos eventos analisados, as seguintes falhas foram observadas:

- Sobreaquecimento de conexões de plug board;
- Desgaste de componente eletrônico (fim de vida útil);
- Falha na refrigeração de componentes eletrônicos (falta de limpeza);
- Curto-circuito em cabo de alimentação devido a cabo de segurança;
- Conector de terminais de geral com torque inadequado (alta resistência de contato);
- Curto-circuito causado por dano ao isolamento de cabo de alimentação;
- Falha na lubrificação de rolamentos (motores e máquinas acionadas);
- Falha no posicionamento motor/máquina de fluxo (alinhamento, verificação de folga no acoplamento);
- Falha em transmissões por correia;
- Curto-circuito devido a falha no isolamento entre bobinas de motor;
- Sobrecarga em plug devido a mal dimensionamento e montagem inadequada.

5. RECOMENDAÇÕES, BOAS PRÁTICAS, REQUISITOS LEGAIS E NORMATIVOS

A proposta desse documento é abordar os eventos destacados no Pareto acima. Dessa maneira aqui, serão separados em subitens relativos a motores de combustão e equipamentos elétricos respectivamente.

5.1. MOTORES DE COMBUSTÃO

Caso as linhas de combustível falhem, podem ocorrer diferentes padrões de pulverização devido ao vazamento. Estes padrões de pulverização dependem da pressão do sistema e da condição de falha. Os

principais fatores de inflamabilidade são a relação mistura ar/combustível, temperatura do combustível e tamanho da gotícula. O diâmetro da gotícula é um dos fatores e depende da pressão do fluido e do tamanho da falha. Como regra geral, quanto menor o tamanho da gotícula, maior o risco de incêndio quando o sistema de combustível está sob alta pressão e um pequeno orifício existe, pois isso resulta na atomização do combustível. Portanto, uma pequena trinca em um tubo contendo combustível em alta pressão pode levar a uma situação mais perigosa.

5.1.1. CONTROLE DE VAZAMENTO DE COMBUSTÍVEL (DIESEL/LUBRIFICANTE)

5.1.1.1. CONJUNTOS DE TUBOS FLEXÍVEIS E MANGUEIRAS

Tubos flexíveis, mangueiras e conjuntos de mangueiras – que são mangueiras flexíveis com encaixes finais ligados – recomenda-se ter comprimento tão curto quanto possível, mas não devem, em geral, exceder 1,5 m de comprimento, e só devem ser usados quando necessário para acomodar o movimento relativo entre tubulações fixas e partes de máquinas.

As mangueiras devem ser construídas de acordo com padrões reconhecidos e devem ser aprovadas conforme o serviço, levando em conta resistência ao fogo, pressão, temperatura, compatibilidade de fluidos e carregamento mecânico, incluindo carregamento dinâmico, quando aplicável. Cada tipo de conjunto de mangueira deve ser fornecido com um certificado de teste de pressão hidrostática e conformidade de fabricação.

As mangueiras devem ser instaladas de acordo com as instruções dos fabricantes, tendo em conta: raio mínimo de dobra, ângulo de torção e orientação e suporte, quando necessário. Em locais onde as mangueiras podem sofrer danos externos, deve-se fornecer proteção adequada. Após a instalação, o sistema deve ser pressurizado e verificado se há possíveis defeitos e vazamentos.

As mangueiras flexíveis devem:

- Evitar curvas acentuadas;
- Ter conexões torquadas de acordo com as especificações do fabricante;
- Considerar fluxo do fluido; e
- Considerar o movimento das partes afixadas.

A Figura 8 e a Figura 9 apresentam aplicações e métodos para correta montagem de mangueiras, respectivamente.

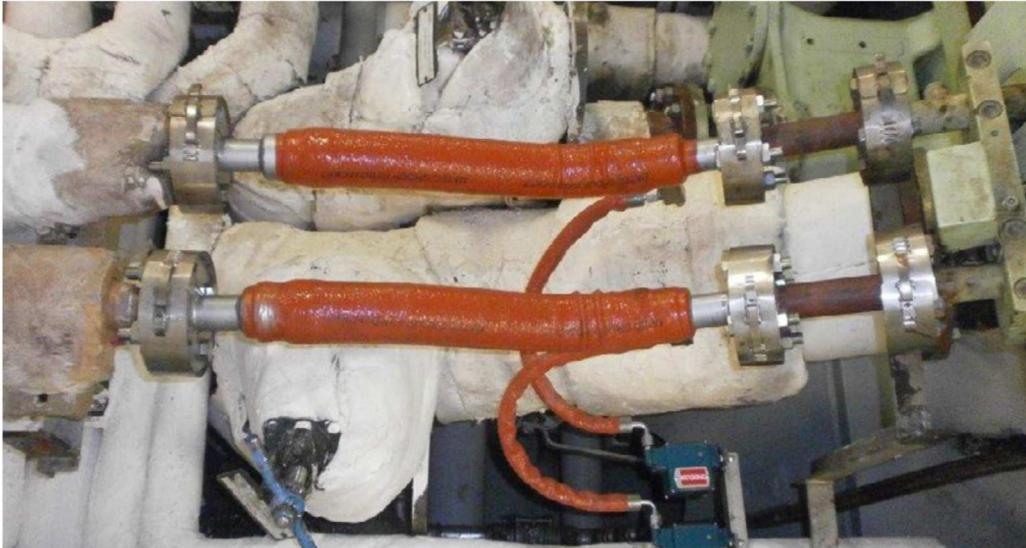


Figura 8: Aplicação de mangueira de combustível em sala de máquina.

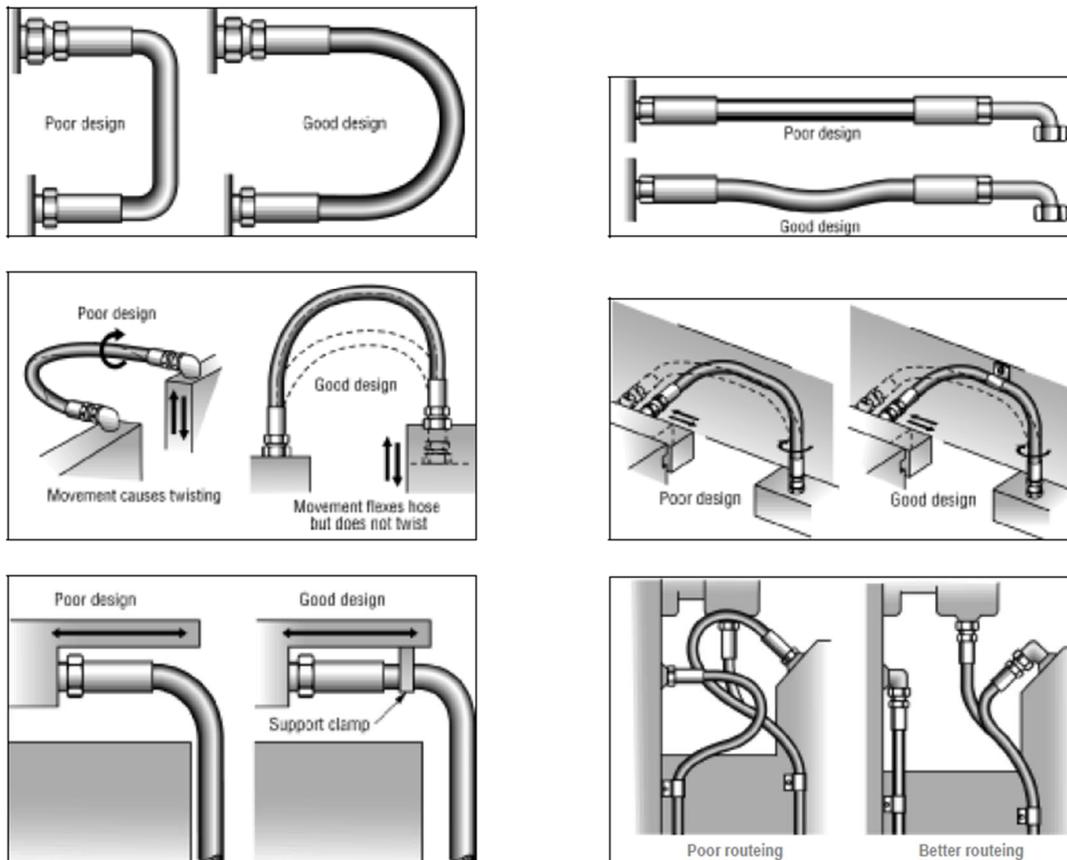


Figura 9: Exemplos de instalações corretas de mangueiras.

Os conjuntos de mangueira devem ser inspecionados com frequência e mantidos em boa ordem ou substituídos quando houver evidências de desgaste/danos susceptíveis à falha. Qualquer uma das seguintes condições pode exigir a substituição do conjunto da mangueira:

- Vazamentos nos terminais ou na mangueira flexível;
- Revestimento danificado (corte, perfuração, abrasão);

- Dobra, esmagamento, achatamento ou torção da mangueira;
- Mangueira flexível endurecida, rígida, trincas ou carbonizada;
- Revestimento com bolha, macio, degradado ou solto;
- Terminais trincados, danificados ou corroídos; e
- Terminais folgados na mangueira flexível.

Os conjuntos de mangueiras precisam ser substituídos ao longo da vida útil dos equipamentos. As recomendações do fabricante devem ser seguidas a este respeito. No entanto, as mangueiras devem ser substituídas o mais rápido possível sempre que houver dúvida quanto à sua condição para continuar em serviço.

5.1.1.2. TUBULAÇÕES RÍGIDAS

Os planos de manutenção da unidade devem conter instruções para identificar vibração, fadiga, defeitos, componentes em más condições e montagem inadequada do sistema de combustível e garantir verificação apropriada para que a proteção de superfícies quentes seja mantida. Os métodos, como listas de verificação e listas de tarefas dos planos de manutenção, devem ser elaborados para garantir que todos os procedimentos sejam seguidos e que todos os componentes, suportes, *clamps*, etc., sejam reajustados na conclusão do trabalho. Todo o sistema de combustível deve ser inspecionado rotineiramente, com atenção aos seguintes pontos:

- Verificação do ajuste dos suportes e da condição de seus acessórios;
- Evidência de defeitos de fadiga em tubos e juntas soldadas (ou brasagem);
- Avaliação do nível de vibração presente; e
- Condição dos revestimentos de proteção e superfícies quentes.

Os componentes do sistema de combustível devem ser examinados de forma abrangente, particularmente as conexões roscadas, a cada desmontagem.

Os parafusos de fixação da bomba de injeção devem ter o torque verificado em intervalos frequentes (não excedendo 3 meses).

Os suportes e dispositivos de fixação do sistema de combustível de baixa pressão devem ser verificados em intervalos regulares (não excedendo 6 meses), para verificação do aperto e se estão adequadamente fixados.

Verificar a possibilidade de spray de óleo diesel proveniente das linhas de cada cilindro, devido à quebra de tubulações em conexões, falta de fixação das linhas de diesel ou instalação inadequada de luva de proteção contra spray na interface entre conexão e tubulação.

As figuras abaixo mostram falhas nas linhas de combustível devido a quebra dos tubos em conexões por falha na fixação e instalação inadequada de luva de proteção contra *spray*.



Figura 10: Proteção instalada para evitar spray por quebra em tubulação de diesel.



Figura 11: Luva de proteção em conexão de tubulação de óleo diesel instalada incorretamente gerando incêndio após quebra de conexão.

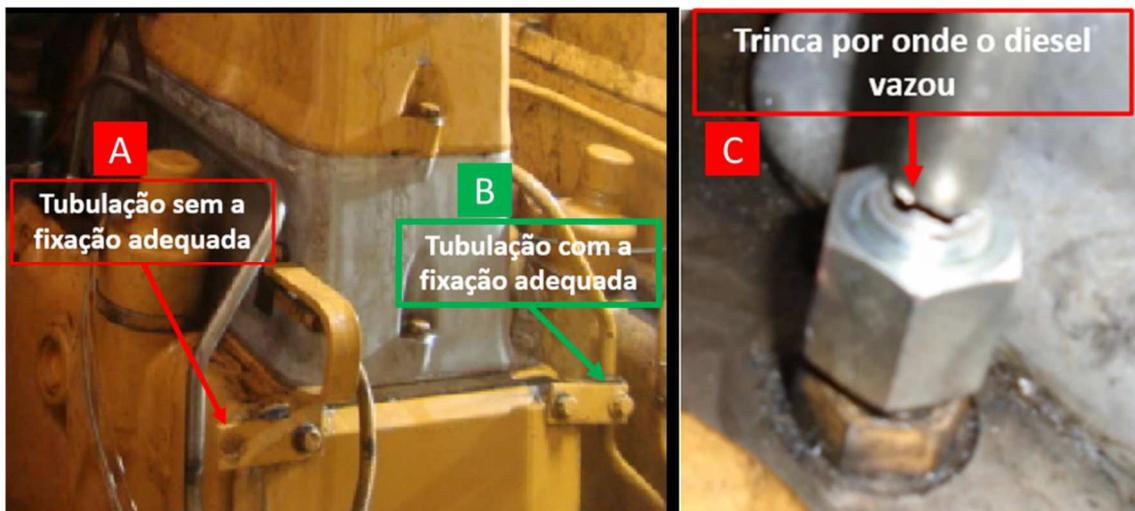


Figura 12: (A) Tubulação de injeção de óleo diesel do cilindro do motogerador não fixada, gerando maior vibração e maior possibilidade de quebra. (B) Tubulação fixada adequadamente. (C) Ponto de trinca da linha de óleo diesel, gerando princípio de incêndio.

5.1.1.3. FITAS “ANTI-SPRAY”

As fitas “anti-spray” devem ser instaladas em torno de conexões flangeadas e roscadas do sistema de combustível e óleo lubrificante com uma pressão interna superior a 1,8 bar que têm a possibilidade de entrar em contato com potenciais fontes de ignição por vazamento direto ou indireto. O objetivo das fitas “anti-spray” é evitar o contato de óleos inflamáveis pulverizados em uma superfície com alta temperatura ou outra fonte de ignição.

Muitos tipos/configurações de fitas “anti-spray” são possíveis. Seguem alguns exemplos de aplicações e cuidados que devem ser tomados:

- Isolamento térmico com espessura suficiente;
- Fita “anti-spray” fabricada com materiais aprovados;
- Deve-se ter cuidado para evitar o uso da fita “anti-spray” em áreas com alta temperatura, de modo a manter suas características adesivas;
- Em caso de reaplicação de nova fita, a superfície de aplicação deve ser limpa e seca;
- Quando a fita “anti-spray” é aplicada em flanges, não é necessário aplicar nos parafusos de aperto (Figura 14).

A Figura 13 apresenta um exemplo de aplicação da fita.

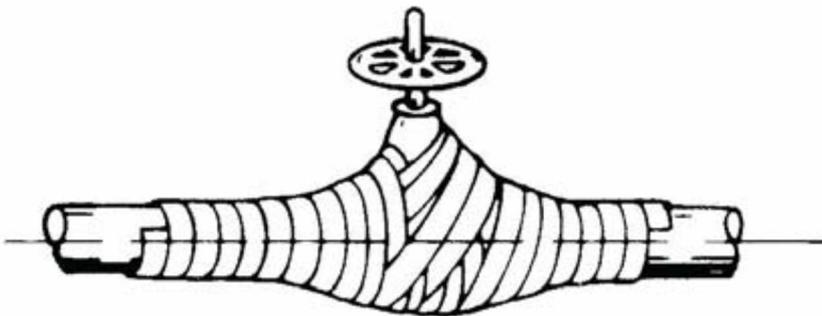


Figura 13: Exemplo de aplicação da fita.

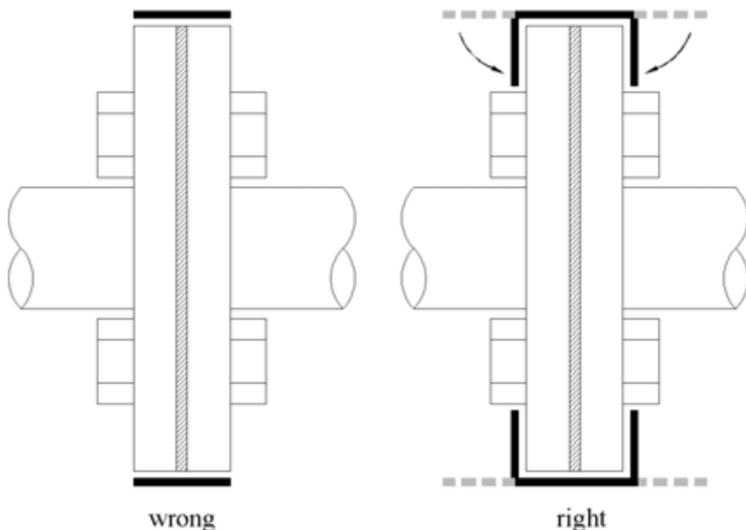


Figura 14: Arranjo recomendado de instalação de fita “anti-spray” em flanges.

Além da utilização de fitas “anti-spray” em conexões roscadas, a aplicação de materiais de vedação nas roscas é fortemente recomendada para evitar vazamentos.

As fitas “anti-spray” devem ser aplicadas não apenas em sistema de tubulação, mas também em equipamentos pressurizados e/ou conexões em sistemas de combustível de óleo, como trocador de calor, filtros, etc.

O plano de manutenção da unidade deverá conter tarefa para inspeção e proteção de pontos de vazamento de qualquer tipo de óleo sob pressão, conforme item 2.2.6.2 - SOLAS (Safety of Life at Sea), conforme Figura 15.

Verificar a presença de proteções contra “spray” em conexões, filtros e bombas, como fita “anti spray”, prevenindo que em caso de vazamentos haja jatos que possam atingir partes quentes dos motogeradores.



Figura 15: Fita anti-spray adequadamente instalada em conexões pressurizadas dos motogeradores.

As fitas “anti-spray” devem ser inspecionadas regularmente quanto a sua integridade e quando for removida para fins de manutenção deve ser reaplicada após a conclusão da tarefa de acordo com as instruções do fabricante.

5.1.1.4. LINHAS DE COMBUSTÍVEL REVESTIDAS

Todas as linhas de fornecimento de combustível de alta pressão entre as bombas de combustível de alta pressão e os injetores de combustível devem ser protegidas com um revestimento capaz de conter o combustível em caso de uma falha (Figura 16).



Figura 16: Exemplos de tubulação encamisada.

O revestimento deve envolver completamente o tubo/mangueira e deve ter resistência e área de cobertura suficientes para resistir aos efeitos em caso de vazamento de combustível. Quando o revestimento não é confeccionado em material metálico, deve ser fabricado em material não combustível e não absorvente.

Verificar a integridade de proteções das mangueiras de óleo diesel entre as linhas rígidas da praça de máquinas e o motorizador, conforme a Figura 17.



Figura 17: Verificação de integridade das proteções de mangueiras.

5.1.1.5. FILTROS

A carcaça e corpo dos filtros usados para combustível e óleo lubrificante devem ser feitos de aço ou outro material equivalente com um ponto de fusão acima de 930°C e com alongamento acima de 12%. Outros materiais podem ser utilizados desde que seu uso seja avaliado caso a caso em relação ao risco de incêndio.

Todas as partes que retêm pressão devem estar adequadas para a temperatura e pressão do projeto. O projeto e a construção do filtro devem facilitar a limpeza e prevenir ou minimizar vazamentos durante a manutenção.

Os *vents* do tipo *plug* não são permitidos. As válvulas de ventilação devem estar claramente marcadas com posições abertas/fechadas e a descarga deve ser levada a uma posição segura.

Filtros devem estar localizados tão longe quanto possível de superfícies quentes e outras fontes de ignição. Eles não devem estar localizados em posições onde vazamentos podem ocorrer sobre o volante ou outras peças de máquinas rotativas e ser pulverizados ao redor da sala. As bandejas de gotejamento devem estar adequadamente instaladas sob os filtros. Uma proteção deve estar instalada entre o filtro e

uma superfície quente que impeça que o vazamento de combustível ou óleo lubrificante entre em contato com uma superfície quente. As proteções contra vazamento devem ser instalados de forma a não impedir a manutenção do filtro.

Filtros devem ser inspecionados toda vez que forem abertos para limpeza e as juntas ou selos de vedação devem ser substituídas quando necessário. O assentamento e aperto satisfatórios da tampa devem ser verificados antes que o sistema seja colocado de volta em serviço. A sangria do filtro também deve ser realizada cuidadosamente antes de retornar o equipamento para operação.

5.1.1.6. ACESSÓRIOS DE TUBULAÇÃO

Os materiais para válvulas e acessórios de tubulação devem estar adequados para o meio e serviço para o qual a tubulação está projetada.

Os materiais de anéis e juntas de vedação, e quaisquer compostos de juntas utilizados, devem estar em conformidade com os requisitos do fabricante e normas internacionais reconhecidas.

Os acessórios de tubulação, incluindo conexões flangeadas, devem ser cuidadosamente apertados sem exceder o torque permitido. Se necessário, devem ser utilizadas proteções contra vazamento adequadas ou fita “anti-spray” em torno de juntas de flangeadas e acessórios de tubulação roscados para evitar vazamento de óleo em superfícies quentes ou com potencial de ignição em caso de vazamento.

Quando instalados, os acessórios roscados devem ser cuidadosamente examinados e, se necessário, reapertados com uma chave de torque e se atentar aplicação correta de torque. Deve-se considerar a substituição por conexões flangeadas.

5.1.1.7. TAREFAS DE MANUTENÇÃO COMUMENTE RELACIONADAS A PREVENÇÃO DE VAZAMENTOS DE COMBUSTÍVEL/LUBRIFICANTE

- Inspeção periodicamente quanto a vazamentos.
- Inspeção contra deterioração (atenção especial a ser dada às áreas próximas a pontos quentes, como turbocompressores, dutos de gases de escape)
- Inspeção para detecção de trincas, danos e distorções, principalmente perto de conexões flangeadas e abraçadeiras.
- Inspeção quanto a presença de corrosão.
- Verifique as conexões periodicamente. Verifique aperto das conexões. Checar torque adequado de conexões.
- Verifique o correto posicionamento dos dispositivos para fixação/ancoragem das linhas de óleo.
- Substitua as mangueiras / tubos flexíveis e abraçadeiras (clamps) no tempo adequado.

Obs: caso seja necessária a substituição de anilhas e conexões, atentar para utilização de componentes adequados, recomendados pelo fabricante.

- Examine visualmente todas as abraçadeiras da linha de combustível para se certificar de que as porcas ou parafusos dos prisioneiros estão seguros e o isolador de borracha entre as braçadeiras e os tubos está intacto.

NOTA: O valor de torque de todos os fixadores deve estar conforme indicação do fabricante.

- Substitua tubos que trabalharam ou trabalham com a ausência de suportes/abraçadeiras na linha de combustível.
- Cuidado com erros de montagem. Veja as instruções do fabricante.

Bomba de alimentação de combustível / bomba de transferência de combustível:

- Limpe e inspecione quanto a vazamentos periodicamente.
- Substitua ou faça a revisão no tempo adequado. Ver as instruções do fabricante.
- Observe a bomba sob condições de operação, verificando ruído ou vibrações excessivas e vazamento na área de vedação

Filtros de óleo combustível/lubrificante

- Verifique periodicamente o estado filtro de óleo combustível e se há vazamentos.
- Limpe ou substitua os cartuchos de filtro no tempo adequado. Ver as instruções do fabricante.
- Inspecione os plugues em geral quanto a desgastes ou anormalidades, inclusive nos fios de rosca. Realizar troca caso necessário.

- Inspecione as tampas e fixadores em geral quanto a desgastes ou anormalidades, inclusive nos fios de rosca. Realizar troca caso necessário.
- Limpe e inspecione os elementos de vedação e suas superfícies de contato. Realizar a substituição no tempo adequado e em caso de necessidade.
- Checar torque adequado de parafusos de fixação, de tampas e outros fixadores dos filtros. Usar valores recomendados para torque no manual do fabricante.
- Certifique-se de que o diferencial de pressão através dos filtros de combustível esteja dentro do valor adequado.
- Cuidado com erros de montagem. Ver as instruções do fabricante.

Bombas de injeção:

- Limpe e inspecione quanto a vazamentos periodicamente.
- Substitua ou faça a revisão no tempo adequado. Ver as instruções do fabricante.

Válvulas de injeção / Injetores:

- Limpe e inspecione quanto a vazamentos periodicamente.
- Substitua ou faça a revisão no tempo adequado. Ver as instruções do fabricante.

Resfriador de óleo lubrificante:

- Limpe e inspecione quanto a vazamentos periodicamente.
- Substitua ou faça a revisão no tempo adequado. Ver as instruções do fabricante.

- Verifique o desempenho adequado se as temperaturas/pressões do óleo lubrificante do motor estão dentro dos valores normais de operação.

Reservatório de óleo lubrificante / cárter de óleo

- Limpe e inspecione quanto a vazamentos periodicamente.
- Verifique o estado de elementos de vedação e as tampas de visita.
- Verificar nível de óleo periodicamente.
- Retorquear os parafusos do cárter.

Rack de combustível, mecanismos de controle, Links e articulações de injeção de combustível:

- Verificar aperto, liberdade de movimento, desgaste, folga excessiva, segurança de conexões, falta de lubrificação
- Verifique e lubrifique os Links e articulações de controle de combustível
- Cremalheiras e Hastes de regulagem: Lubrificar as cremalheiras das bombas injetoras e hastes de regulagem de combustível.

Amortecedores de pulsação de combustível:

- Limpe e inspecione quanto a vazamentos periodicamente.
- Substitua ou faça a revisão no tempo adequado. Veja as instruções do fabricante.

Sistemas de controle, medição e regulagem:

- Realizar a inspeção quanto ao correto funcionamento do sistema de lubrificação dos componentes do motor, através da coleta de temperatura, com o motor em funcionamento, dos diversos cilindros, mancais fixos e gases na entrada e saída dos turbocompressores, de acordo com a especificação do fabricante
 - Verificar o sistema de medição de temperatura dos gases de descarga, de acordo com a especificação do fabricante.
 - Certifique-se de que a pressão do sistema de combustível esteja ajustada corretamente e sem vazamentos.
 - Observar pressões e temperaturas dentro dos parâmetros de operação e ruídos ou vibrações anormais.
 - Ajustar/regular ou substituir a válvula de alívio de pressão de óleo
 - Verificar o sistema de parada de emergência.
 - Verificar o correto funcionamento dos termômetros e manômetros.
- Coloque o motor em funcionamento, com a temperatura de operação e verifique:
- Os parâmetros do motor e os tempos de resposta do injetor estão dentro dos limites aceitáveis.
 - Todos os parâmetros de funcionamento (pressões, temperaturas, velocidades, etc.) se estão dentro das faixas normais de operação, conforme a rotação nominal do motor.
 - Verificar se há ruídos, vibrações anômalas ou vazamento de fluidos.

5.1.2. CONTROLE DE POTENCIAIS FONTES DE IGNIÇÃO

5.1.2.1. JUNTAS DE EXPANSÃO TIPO FOLE

As juntas de expansão são projetadas para acomodar movimentos axiais e laterais. As juntas de expansão não devem ser utilizadas para compensar o desalinhamento da tubulação. A expansão térmica, a contração e a vida útil da fadiga devido à vibração também são pontos importantes a serem considerados. Onde houver possibilidade danos mecânicos externos, os foles devem ser adequadamente protegidos. Cada junta de expansão deve ser fornecida com um certificado de teste de pressão hidrostática e conformidade de produção.

As juntas de expansão devem ser instaladas de acordo com as instruções do fabricante e de acordo com as condições de serviço.

As juntas de expansão devem ser inspecionadas regularmente e substituídas sempre que houver dúvida quanto à sua adequação para continuar em serviço.

5.1.2.2. MATERIAIS ISOLANTES

O isolamento de superfícies com alta temperatura deve ser aplicado principalmente para reduzir o risco de incêndio, reduzindo a temperatura das superfícies abaixo de 220°C.

O material do isolamento não deve ser combustível e também ser capaz de suportar trincas por vibração. As instruções dos fabricantes devem ser seguidas, se disponíveis. O isolamento permanente deve ser usado na medida possível. O isolamento deve ser fornecido com seções prontamente removíveis para permitir o acesso à manutenção rotineira. A superfície de qualquer isolamento absorvente deve ser coberta por um material que seja impermeável a óleo ou vapores de óleo.

Uma verificação regular dos equipamentos deve ser feita para confirmar que o isolamento está no local e em boas condições. Quando a manutenção ou reparo dos equipamentos tiver sido realizada, devem ser feitas verificações para garantir que o isolamento tenha sido devidamente reinstalado ou substituído. É fortemente recomendado realizar medição de temperatura da superfície.

Diferentes métodos de isolamento para superfícies de alta temperatura são possíveis e seu design deve ser confirmado por organizações reconhecidas. Exemplos práticos de típicas aplicações de isolamento são mostrados abaixo na Figura 18.

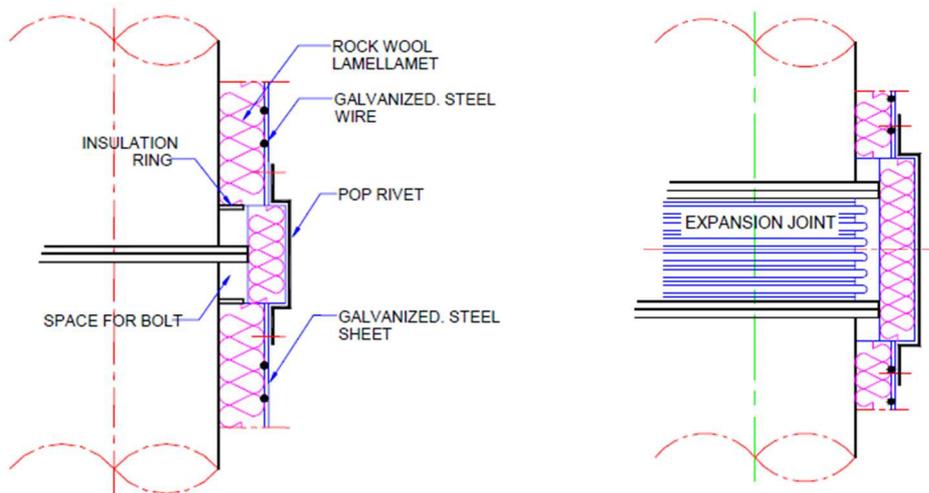


Figura 18: Método de instalação de isolamento térmico flanges e juntas de expansão.

A fim de evitar uma descontinuidade do isolamento da tubulação de gás de exaustão (ou seja, a tubulação de gás de escape antes e depois da turbina e da tubulação de gás de escape entre os cilindros e o coletor de gás de escape), o material de acabamento especial (por exemplo, folhas metálicas rebitadas ou isolamento de acabamento impermeável a óleo) deve ser usado como mostrado na Figura 19.

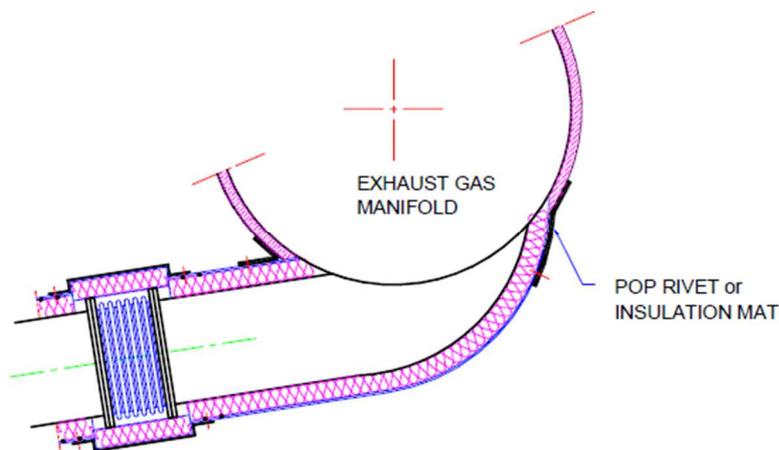


Figura 19: Aplicação de isolamento em partes descontínuas.

O plano de manutenção da unidade deverá conter tarefa para inspeção termográfica da praça de máquinas, não devendo haver pontos expostos com temperatura superior a 220°C, conforme item 2.2.6.1 - SOLAS (Safety of Life at Sea).

Verificar pontos próximos a turbina, em especial na junta de expansão entre a turbina e a linha de exaustão (a), flange entre a turbina e a junta de expansão (b), flange entre a junta de expansão e curva da linha de exaustão (c) e flange entre a linha de exaustão e linha para a área externa (d), vide Figura 20.

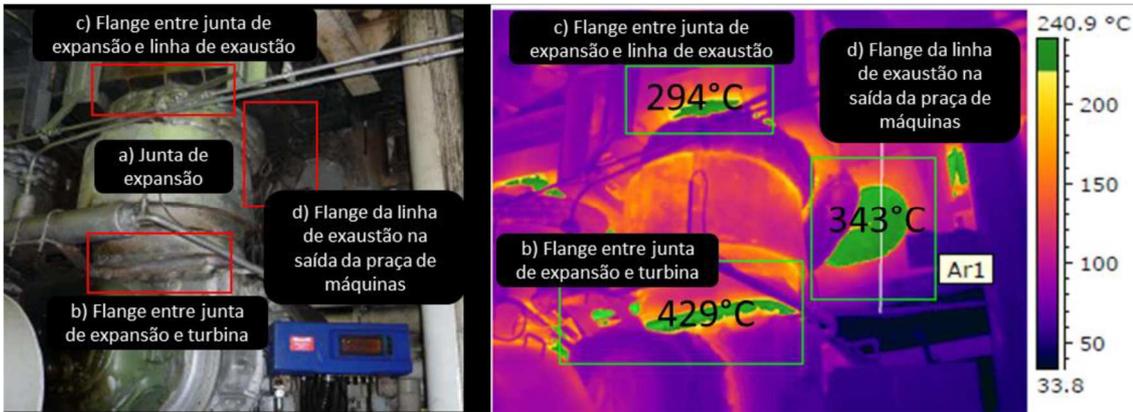


Figura 20: Exemplo de inspeção termográfica que não atende ao requisito SOLAS, com temperatura acima de 220°C no flange da junta de expansão para a turbina (b), flange da junta de expansão para a curva da linha de exaustão (c) e flange na saída da linha de exaustão da praça de máquinas (d). A falha pode ser oriunda de um vazamento de ar pela junta de expansão e flanges, sem proteção térmica adequada.

Verificar flanges e curvas na linha de exaustão ao longo da praça de máquinas.



Figura 21: Exemplo de inspeção termográfica que não atende ao requisito SOLAS, com temperatura acima de 220°C em flange da linha de exaustão, com ponto quente na interface de transição entre isolamento térmico.

Verificar o isolamento térmico de toda linha de exaustão.

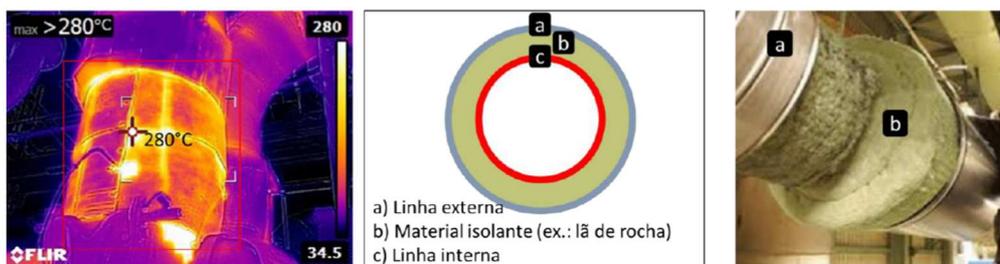


Figura 22: Exemplo de degradação do isolamento térmico da linha, normalmente feito de lã de rocha. Necessário a substituição da lã de rocha em toda linha.

Verificar o manifold de descarga dos gases de exaustão dos cilindros e demais possíveis pontos quentes.

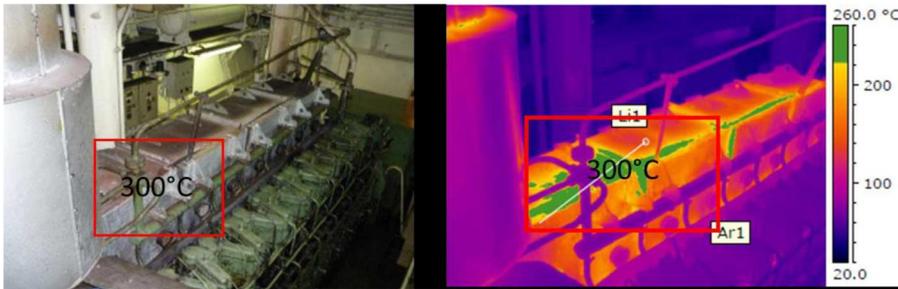


Figura 23: Exemplo de inspeção termográfica onde foi identificada temperatura superior a 220°C em área exposta do motor, com possibilidade de vazamento pelos flanges do manifold de descarga ou cabeçotes.

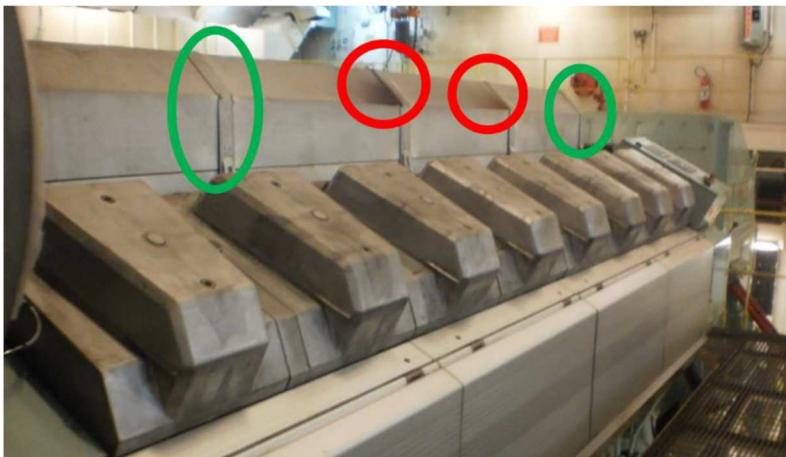


Figura 24: Destacado em vermelho manchas na proteção térmica do manifold de exaustão, com indícios de vazamento de ar de exaustão pelo manifold. Destacado em verde os pontos sem indícios de vazamento.

Verificar se não há espaçamentos e orifícios entre as proteções térmicas próximas a turbina (Figura 25), na linha de exaustão (Figura 26) e no manifold de exaustão (Figura 27), de modo a evitar que em caso de spray de óleo diesel/lubrificante o óleo entre por estes espaçamentos ou escorra até eles, atingindo partes quentes não expostas do motogerador.

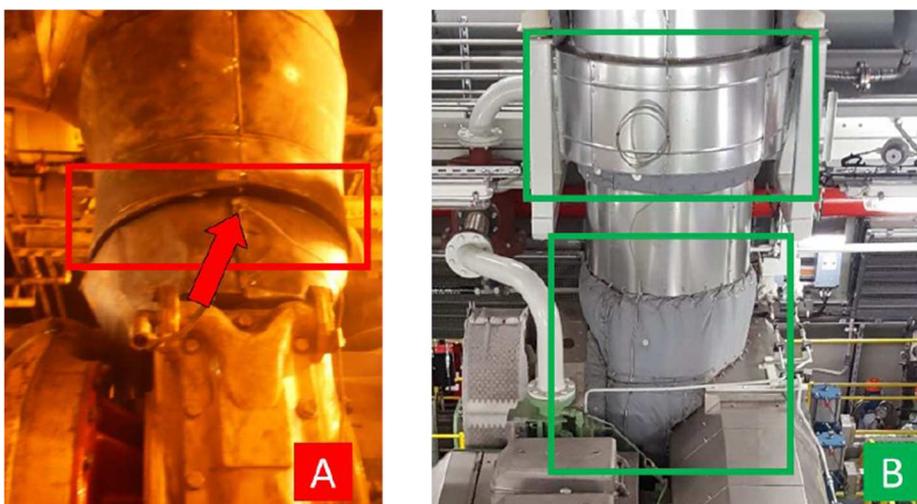


Figura 25: (A) Espaçamento não protegido da linha de exaustão, próximo a turbina, com possibilidade de entrada de óleo diesel/lubrificante, atingindo partes quentes não expostas, que não apareceriam em inspeção termográfica. (B) Proteção térmica instalada adequadamente, sem pontos com possibilidade de ingresso de óleo diesel/lubrificante.



Figura 26: Linha de exaustão completamente vedada em conexões entre seções e curvas, sem possibilidade de ingresso de óleo diesel/lubrificante.

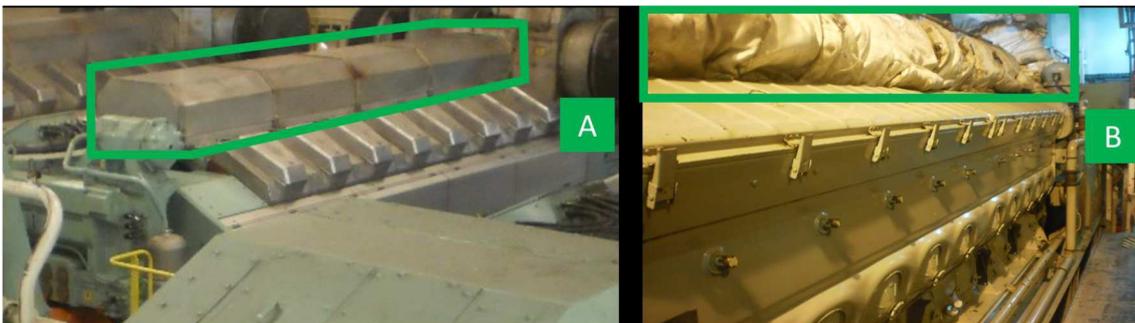


Figura 27: (A) Proteção térmica do manifold de exaustão com tampas bem encaixadas, sem orifícios. (B) Manta térmica bem instalada sobre o manifold de exaustão.

Uma verificação regular do equipamento ou material deve ser feita para confirmar se o isolamento está corretamente instalado. Quando a manutenção ou reparo do equipamento tiver sido realizada, devem ser feitas verificações para garantir que o isolamento que cobre as superfícies aquecidas tenha sido devidamente reinstalado ou substituído. Atenção especial deve ser dada ao seguinte:

- Áreas onde houver possibilidade de vibração;
- Descontinuidades nas tubulações de exaustão (incluindo da turbina).



Figura 28: Linha de exaustão acima do piso acima da sala de máquinas do guindaste e linha de exaustão do motor no compartimento de máquinas do guindaste.

5.1.2.3. TAREFAS DE MANUTENÇÃO COMUMENTE ENCONTRADAS PARA PROTEÇÃO DE PARTES QUENTES

Inspeção termográfica:

- Utilizar termovisor para inspecionar tampas de cabeçotes / tampas do cárter / tampas das bombas injetoras / dutos de gases de descarga antes da turbina / turbinas no lado dos gases

Obs: temperatura máxima aceitável é de 220°C

Isolamento térmico:

- Checar quanto à contaminação por óleo/graxa/outros.
- Usando dispositivo termográfico, inspecionar em todo o motor para encontrar pontos de aquecimento. Se alguma superfície do motor exceder 220°C, reparar / substituir isolamento térmico.
- Identifique quaisquer superfícies de alta temperatura (sistema de exaustão, turbos, etc) excedendo 220°C com o uso de uma câmera termográfica (método preferencial) ou uma pistola de calor infravermelho enquanto o motor está funcionando com a carga mais alta possível. Esta inspeção pode ser realizada pela tripulação, não há necessidade de envolver terceiros para realizar essas ações necessárias. Quaisquer superfícies com alta temperatura identificadas devem ser adequadamente protegidas usando isolamento e/ou escudo para reduzir sua temperatura abaixo de 220°C de acordo com os regulamentos SOLAS.
- Inspeção visual dos isolamentos quanto a fixação e integridade dos mesmos.

Tarefas de manutenção para prevenir falha em dutos de exaustão/juntas de expansão:

- Com o motor parado, inspecione todo o manifold de exaustão para certificando que tudo está seguro e no lugar, incluindo a inspeção ao redor e após os *turbo chargers*;
- Inspeccione as juntas de expansão dos dutos de descarga, visando identificar trincas e/ou pontos deteriorados que possam causar danos a turbina;
- Verifique se há vazamentos no coletor de descarga;
- Verifique se há vazamentos uma vez por ano. Substitua as peças, se necessário.

- Inspeção a tubulação de exaustão e isolamentos térmicos, quanto a avarias e contaminação. Substitua se necessário.
- Verifique as conexões dos flanges e compensadores quanto a vazamentos (visualmente) dos dutos de exaustão.

5.1.3. CUIDADOS COM TURBOCOMPRESSORES

Turbocompressor é um componente externo ao motor, mecanicamente independente e termodinamicamente integrado. Basicamente é composto por um conjunto central envolvido por duas carcaças: carcaça do compressor e carcaça da turbina.

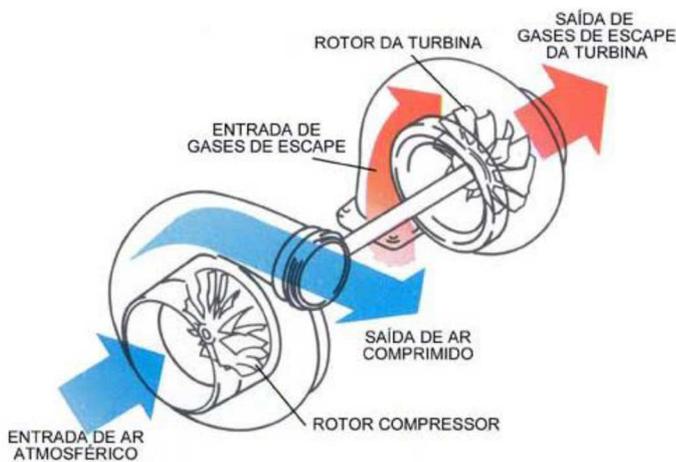


Figura 29: Representação esquemática de um turbocompressor.

Na avaliação dos eventos da frota do período analisado, 5 ocorrências (de um total de 17 eventos) foram verificadas nos turbocompressores. Nos eventos a causa mais comum é falha no mancal do turbocompressor devido a lubrificação deficiente ou perda de balanceamento do conjunto por entrada de detritos/corpos estranhos.



Figura 30: Local e parte da turbina danificada levando ao princípio de incêndio.



Figura 31: Componentes danificados da turbina



Figura 32: Pedacos desintegrados do impedidor retirados na admissão de ar do turbocharger.



Figura 33: Eixo onde originou a falha do turbocompressor defeituoso.

5.1.3.1. TAREFAS DE MANUTENÇÃO

A seguir são apresentadas tarefas de manutenção preventivas para evitar falhas prematuras em turbocompressores que levem a vazamento de lubrificante para o lado quente (turbina) ou para a linha de exaustão da turbina.

A. Examinar visualmente as áreas acessíveis dos componentes listados abaixo em busca de depósitos de carbono e limpar, se necessário:

- Roda do Compressor
- Difusor
- Inserto na parede
- Anel de Bico
- Difusor de turbina / anel de cobertura
- Lâminas de turbina
- Carcaça / invólucro

B. Inspeccionar rodas da turbina / compressor por sinais de avarias

C. Inspeccionar o anel do bico, o difusor da turbina / anel de cobertura e os invólucros de entrada / saída de gás por sinais de avarias.

D. Verificar se a roda da turbina/compressor gira livremente rodando-a com a mão.

E. Inspeccionar jogo radial do eixo do turbocharger.

F. Medir e registrar a folga axial (folga do rolamento axial).

G. Inspeccionar mancais, rolamentos (radiais e axiais), buchas, selos e anéis de vedação. Substituir ou realizar a revisão no tempo adequado.

H. Limpar ou substituir periodicamente todos os elementos do filtro de óleo lubrificante e do filtro de ar do turbocompressor

I. Inspeccionar visualmente a tubulação de entrada e saída de ar e isolamento quanto a presença de óleo. Limpar o interior da tubulação. Investigar a causa da presença de óleo e corrigir.

J. Verificar o aperto das porcas da base, porcas do invólucro da turbina e das conexões, tubulação de entrada e saída de ar e de descarga.

K. Substituir ou revisar o turbocompressor do motor.

L. Verificar se há ruídos anormais no turbocompressor, enquanto o motor estiver em funcionamento. O ruído gerado em turbo com engrenagens danificadas será mais alto do que em um turbo com engrenagens sem desgaste prematuro.

M. Inspeção do desgaste nas engrenagens. Avaliar a necessidade de substituição da engrenagem.

N. Remover a placa de inspeção do coletor de exaustão e inspeccionar a tela de entrada do turbocompressor e a proteção contra objetos estranhos.

Nota: Se forem encontrados objetos estranhos na proteção, a tela deve ser removida para inspeccionar as pás da turbina. O motor deve ser inspecionado para determinar a origem dos detritos.

O. Inspeccionar e substituir dutos de ar flexíveis turbocompressor periodicamente

P. Testar:

- Alarme de alta temperatura na exaustão/escape
- Alarme de alta temperatura na entrada do turbo
- Alarme por baixa pressão de óleo no turbocompressor
- Corte por baixa pressão de óleo no turbocompressor
- Alarme de baixa pressão de óleo lubrificante na entrada do Turbocompressor
- Verificar fixação e correta distância dos pickups magnéticos

5.1.4. CUIDADOS ESPECIAIS

Partida após manutenção:

Período de acompanhamento pós-serviço / revisão inicial de 30 minutos após quaisquer serviços em sistemas de diesel / combustível / óleo lubrificante (tubos, tubulações, mangueiras, filtros).

Os parâmetros do motor devem ser monitorados na primeira hora de funcionamento.

Garantir vigilância remota adequada usando, por exemplo, o CCTV

A pessoa de manutenção que for executar a tarefa, deve consultar o manual de serviço para procedimentos e informações técnicas.

Isso inclui o torque dos parafusos e fixadores, pontos de ajuste de pressão e temperatura, ferramentas especiais, arranjos de elevação e etc.

Tabela de torques do motor

Verificar tabela de torques do fabricante contida no manual de instrução quando da montagem dos componentes do motor.

LISTAS DE VERIFICAÇÃO DE MÁQUINAS ENGINE ROOM CHECK LISTS -Checklist (rondas diárias)

Verificação da equipe de máquinas dos parâmetros operacionais dos motores bem como a inspeção visual a fim de se detectar possíveis vazamentos, ruídos anormais, pontos de corrosão, avarias, etc. O responsável pela realização da verificação deverá registrar informações importantes (horímetros, pressões, temperaturas, nível de óleo etc.) e buscar por quaisquer condições passíveis de detecção por inspeção visual, por exemplo:

- Sinais de vazamento;
- Ruídos anormais;
- Pontos de corrosão;
- Possíveis quedas de objeto;
- Parafusos soltos e etc.

Tarefas de manutenção para verificação do correto funcionamento da rig saver valve:

- Lubrifique o atuador pneumático do rig saver.

- Remova quaisquer depósitos ou sujeiras que possam interferir no funcionamento adequado da válvula e do sensor de indicação da posição da válvula.
- Realize teste das Rig savers conforme instruções do fabricante.

5.2. EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

5.2.1. PROTEÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

As instalações elétricas devem ser protegidas contra sobrecorrente acidental, até um nível igual ou inferior ao do curto-circuito, por dispositivos apropriados. A seleção, arranjo e desempenho dos vários dispositivos de proteção devem assegurar uma proteção automática e coordenada, a fim de obter:

- Continuidade de alimentação;
- Ou, pelo menos, continuidade de serviço através da seletividade ou qualquer outro sistema de ação coordenada dos dispositivos de proteção, para manter a alimentação para os circuitos em bom estado no caso de falta em algum outro local (ver Figura 34);
- Eliminação dos efeitos das faltas para reduzir, tanto quanto possível, os danos no sistema e o risco de incêndio.

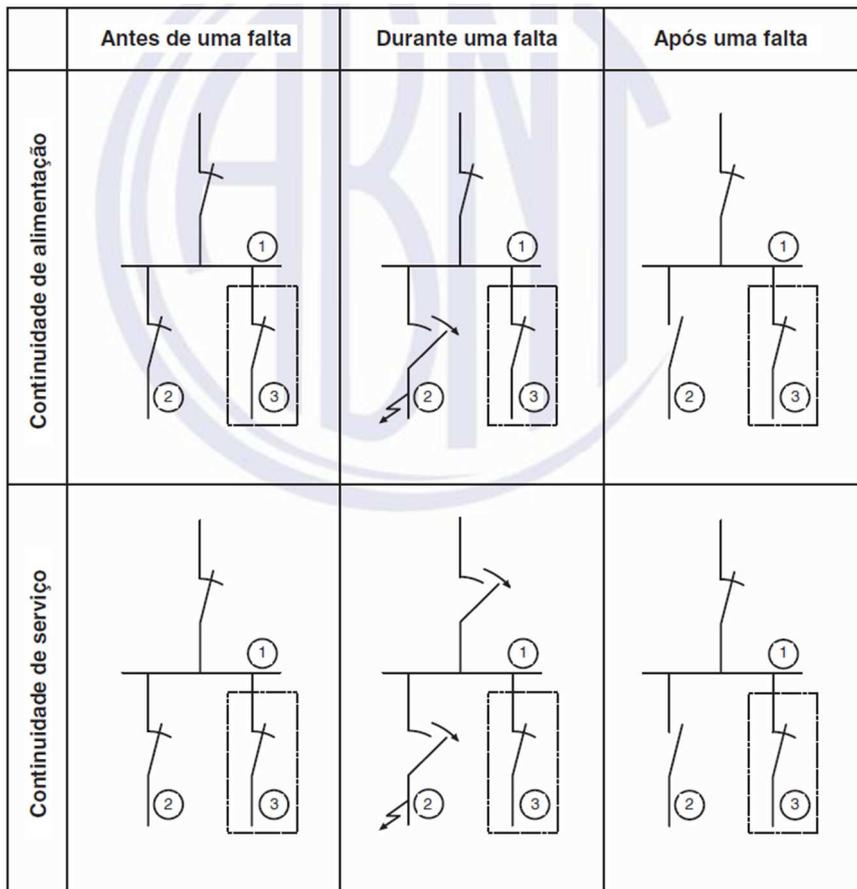


Figura 34: Continuidade de alimentação/continuidade de serviço

Nessas condições, os elementos do sistema devem ser projetados e construídos (e mantidos) para resistir às tensões térmicas e eletrodinâmicas causadas pela possível sobrecorrente, incluindo curto-circuito, durante o período de tempo admissível.

5.2.2. ISOLAÇÃO

Materiais isolantes e enrolamentos isolados devem ser resistentes à umidade, ao ar marítimo e a vapores oleosos, a menos que precauções especiais sejam tomadas para proteção dos isolantes contra estes agentes.

Convém que materiais isolantes em aplicações importantes, como suportes de barramentos, etc., possuam resistência suficiente contra trilhamento (*tracking*). É recomendável que o índice comparativo de trilhamento destes materiais não seja inferior a 175V, quando determinado de acordo com a ABNT NBR IEC 60112.

5.2.3. ENTRADA DE CABOS E TERMINAÇÕES

Os prensa-cabos ou buchas, ou acessórios para eletrodutos roscados, devem ser adequados ao cabeamento pretendido e devem facilitar a entrada de cabos no equipamento. Todas as entradas devem manter o grau de proteção do invólucro do equipamento associado.

Para equipamentos a prova de explosão, é recomendado notar que vazamentos de gás ou vapor e a propagação de chamas podem ocorrer por meio dos interstícios entre os fios de condutores multifilares padronizados, ou entre os núcleos individuais de um cabo. Métodos construtivos, como fios compactados, selagem de fios individuais e blindagem interna, podem ser empregados como meio de redução do vazamento e prevenção de propagação de chamas.

Os meios de fixação de partes condutoras de corrente devem ser independentes dos meios de realizar a conexão dessas partes.

Os equipamentos devem ser fornecidos com terminais adequados, claramente marcados, colocados em uma posição acessível conveniente para conexões externas. Os terminais devem ser efetivamente fixados e ser espaçados e/ou protegidos de forma a minimizar o risco de ligação acidental à terra ou de curto-circuito.

Uma folga adequada deve ser permitida entre as entradas dos cabos e os terminais, de modo que os cabos possam ser esticados sem danos. As terminações devem ser dispostas, ou providas de meios, para permitir a fácil conexão de cabos sem o risco de danos aos equipamentos.

5.2.4. RESISTÊNCIAS DE CONTATO

É importante que conexões e terminações roscadas estejam adequadamente apertadas. Verificar os valores do torque após a instalação inicial nem sempre é confiável, pois é normal que ocorra relaxamento

metálico após a instalação. Em alguns casos é necessário que o componente entre em operação por algum período de tempo e então seja aplicado o torque correto. Ao instalar equipamentos, use torquímetro calibrado e aplicar o torque conforme a especificação do fabricante.

Se o fabricante do equipamento ou dispositivo não fornecer o valor de torque, consultar os dados de torque em padrões e normas reconhecidas na indústria.

Após o aperto no torque inicial, marque uma linha reta que abrange o parafuso bem como a parte estacionária de a conexão, “linha de fé”, onde houver essa possibilidade. A “linha de fé” evidencia se o parafuso ou porca afrouxou depois que o torque adequado foi aplicado.

Os métodos adequados para verificar o aperto das conexões elétricas e terminações para alta resistência são apresentados a seguir:

- (1) Use um ohmímetro de baixa resistência para comparar a conexão e valores de resistência.
- (2) Verifique o aperto de conexões e terminações acessíveis usando um torquímetro calibrado.
- (3) Realizar um levantamento termográfico.

Verificando o aperto quando há sinais de degradação. Se uma conexão apresentar sinais de degradação, como uma porca/parafuso frouxo, superaquecimento, desalinhamento, ou deformação, ou se uma varredura termográfica mostrar superaquecimento, deve-se investigar de maneira mais aprofundada as causas. Se os sinais de degradação estiverem presentes em terminações de cabos/condutores, cortar a extremidade danificada do condutor e reinstalar a terminação. Ao cortar a extremidade do condutor, certifique-se de remover todo o trecho com avarias que apresentarem sinais de superaquecimento. Se ocorrer danos a um dispositivo, o dispositivo deve ser substituído.



Figura 35: Aquecimento anormal em saída de gaveta. Problema resolvido com aperto da conexão.



Figura 36: Aquecimento anormal em terminal de saída de disjuntor. Problema resolvido com aperto do parafuso do terminal.

5.2.5. MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO

Os equipamentos devem ser projetados e instalados de forma a permitir manutenção e inspeção, como requerido, em todas as suas partes.

O projeto e a construção dos equipamentos devem minimizar a exposição de trabalhadores ao risco de arco voltaico, choque elétrico e explosões, durante as atividades de operação, inspeção e manutenção.

Recomenda-se projetar os equipamentos para permitir a inspeção termográfica. Isto normalmente requer que janelas de inspeção sem feitas nos painéis, de modo a ter acesso às conexões de força. O ensaio de tipo do painel tem que ser executado com estas janelas de inspeção. O arranjo necessário, de modo a permitir a inspeção termográfica, está sujeito à discussão entre o projetista/proprietário e o fabricante do painel.



Figura 37: Exemplo de aplicação de janela de inspeção termográfica.

A deterioração dos equipamentos elétricos é normal, por isso se faz necessário plano de manutenção preventiva para evitar falhas que, no objeto deste guia, pode levar a um evento de incêndio/princípio de incêndio.

Conforme a premissa adotada foi feita unificação de equipamentos/componentes elétricos em painéis, cabos, motores, bombas, compressores, plugs e UPS. A seguir será apresentado os requisitos referentes a estes equipamentos/componentes.

5.2.6. PAINÉIS ELÉTRICOS

Deve ser verificada a estrutura dos quadros e painéis, observando seu estado geral quanto a fixação, integridade mecânica, pintura, corrosão, fechaduras e dobradiças. Deve ser verificado o estado geral dos condutores e cordoalhas de aterramento.

No caso de componentes com partes móveis, como contadores, relés, chaves seccionadoras, disjuntores etc., devem ser inspecionados, quando o componente permitir, o estado geral dos contatos e das câmaras de arco, sinais de aquecimento, limpeza, fixação, ajustes e calibrações. Se possível o componente deve ser acionado umas tantas vezes, para verificar suas condições de funcionamento.

No caso de componentes sem partes móveis, como fusíveis, condutores, barramentos, calhas, canaletas, conectores, terminais etc., deve ser inspecionado o estado geral, verificando-se a existência de sinais de aquecimento e de ressecamentos, além da fixação, identificação e limpeza.

5.2.7. MOTORES ELÉTRICOS

A manutenção adequada dos motores elétricos e equipamentos rotativos são essenciais para evitar paradas não programados e eventos indesejados. Uma das partes mais propensas a problemas são rolamentos, portanto a quantidade de lubrificante, a frequência de lubrificação, o método de aplicação e o tipo de lubrificante são fundamentais para o correto funcionamento desses equipamentos.

A graxa é um lubrificante comumente utilizado para rolamentos de motores elétricos. Ela fornece um bom selo contra a entrada de sujeira no rolamento, tem boa estabilidade e é de fácil aplicação. Para intervalos de serviço extensos, uma graxa com extrema estabilidade é necessária. A graxa deve ser selecionada com base da faixa de temperatura esperada de serviço. O fabricante do motor deve fornecer recomendações sobre qual graxa exatamente deve ser aplicada.

A quantidade correta de lubrificante em um rolamento é vital para o seu bom funcionamento. Uma lubrificação excessiva ou deficiente resultará em falha. Excesso de lubrificação pode causar falha no motor devido ao vazamento de graxa para o interior do motor, depositando-se nas bobinas, anéis coletores e escovas. As tabelas abaixo apresentam recomendações para determinar o intervalo de aplicação de graxa pelo tipo, tamanho e serviço do motor, para obter a operação mais eficiente e prolongar a vida do motor. Onde uma variedade de tamanhos de motor, velocidades e tipos de serviço envolvidos em uma única planta são uniformes, um plano de lubrificação padronizado pode ser aplicado.

Type of Service	Motor Regreasing Intervals			
	Up to 7½ hp	10–40 hp	50–150 hp	Over 150 hp
Easy: infrequent operation (1 hr per day), valves, door openers, portable floor sanders	10 years	7 years	4 years	1 year
Standard: 1- or 2-shift operation, machine tools, air-conditioning apparatus, conveyors, garage compressors, refrigeration apparatus, laundry machinery, textile machinery, wood-working machines, water pumping	7 years	4 years	1½ years	6 months
Severe: motors, fans, pumps, motor generator sets running 24 hr per day, 365 days per year; coal and mining machinery; motors subject to severe vibration; steel-mill service	4 years	1½ years	9 months	3 months
Very severe: dirty, vibrating applications, where end of shaft is hot (pumps and fans), high ambient	9 months	4 months	3 months	2 months

Tabela 1: Guia para os intervalos máximos recomendados de lubrificação de motores. Retirado de NFPA 70B.

INTERVALO MÁXIMO DE LUBRIFICAÇÃO PARA MOTORES COM EIXO HORIZONTAL													
ROLAMENTOS DE ROLOS CILÍNDRICOS													
Rolamento	Pólos	Intervalo de lubrificação (horas)		Qtde. de graxa (gramas)	Limite de Rotação do Rolamento (rpm)		Rolamento	Pólos	Intervalo de lubrificação (horas)		Qtde. de graxa (gramas)	Limite de Rotação do Rolamento (rpm)	
		60 Hz	50 Hz		100%	75%			60 Hz	50 Hz		100%	70%
NU310	4	4700	5300	15	5600	4200	NU224	8 ou +	5600	6500	45	2400	1800
NU212	8 ou +	6900	7700	15	5000	3750		6	4200	5100			
	6	5700	6500				NU324	4	1700	2700	75	1900	1425
NU312	4	4100	5000	20	4000	3000		NU226	8 ou +	5300			
NU214	8 ou +	6600	7400	15	4500	3375	6		3600	4800			
	6	5400	6200				NU326	4	1400	2300	85	1800	1350
NU314	4	3500	4700	30	3600	2700		NU228	8 ou +	5000			
NU216	8 ou +	6300	7200	20	4000	3000	6		3000	4400			
	6	5300	6000				NU328	4	1050	1800	95	1800	1350
NU316	4	3000	4200	35	3200	2400		NU230	8 ou +	4500			
NU218	8 ou +	6200	6900	25	3600	2700	NU330	6	2600	3800	105	1700	1275
	6	5000	5700				NU232	8 ou +	3900	5000	70	1800	1325
NU318	4	2700	3800	45	2800	2100		NU332	6	2300	3300	120	1500
	NU220	8 ou +	6000	6800	35	3200	2400	NU234	8 ou +	3500	4800	85	1800
6		4800	5600	6					1800	2900	130		
NU320	4	2400	3300	50	2400	1800	NU222	8 ou +	5700	6600	40	2800	2100
NU222	6	4500	5400	40	2800	2100		6	4500	5400			
	NU322	4	2000				3000	60	2000	1500			

Tabela 2: Recomendações de intervalo máximo de lubrificação de motores. Retirado do Manual de Instalação e Manutenção de Motores WEG.

INTERVALO MÁXIMO DE LUBRIFICAÇÃO PARA MOTORES COM EIXO HORIZONTAL													
ROLAMENTOS FIXOS DE ESFERAS													
Rolamento	Pólos	Intervalo de lubrificação (horas)		Qtde. de graxa (gramas)	Limite de Rotação do Rolamento (rpm)		Rolamento	Pólos	Intervalo de lubrificação (horas)		Qtde. de graxa (gramas)	Limite de Rotação do Rolamento (rpm)	
		60 Hz	50 Hz		100%	75%			60 Hz	50 Hz		100%	75%
6204	8 ou +	12000	13200	5	15000	11250	6216	8 ou +	8000	9000	20	4500	3375
	6	10200	11300					6	6600	7500			
6205	8 ou +	11100	12300	5	13000	9750	6316	4	4800	5600	35	3800	2850
	6	9500	10500					2	750	1800			
6206	8 ou +	10500	11600	5	11000	8250	6218	8 ou +	7700	8700	25	4000	3000
	6	9000	9900					6	6300	7200			
6306	4	7100	7800	10	9500	7125	6318	4	4500	5300	45	3600	2700
	2	4500	5100					6220	2	-			
6307	4	6800	7500	10	8500	6375	6220	8 ou +	7500	8400	35	3600	2700
	2	4100	4800					6	6000	6900			
6208	8 ou +	9600	10700	10	8500	6375	6320	4	4200	5000	50	2800	2100
	6	8100	9200					8 ou +	7200	8300			
6308	4	6300	7200	10	7500	5625	6322	6	5900	6800	60	2400	1800
	2	3800	4500					4	3900	4800			
6209	8 ou +	9300	10400	10	7500	5625	6224	8 ou +	7100	8000	75	2200	1650
	6	8000	8900					6	5600	6500			
6309	4	6200	6900	15	6700	5025	6324	4	3500	4500	50	2400	1800
	2	3500	4200					8 ou +	6600	7700			
6210	8 ou +	9000	10100	10	7100	5325	6326	6	5300	6200	55	2200	1650
	6	7700	8600					8 ou +	6200	7100			
6310	4	5900	6600	15	6000	4500	6228	6	4800	5700	95	2000	1500
	2	2900	3900					4	2000	3600			
6211	8 ou +	8900	9800	15	6300	4725	6230	8 ou +	5700	6800	65	2000	1500
	6	7400	8300					6	4400	5300			
6311	4	5700	6500	20	5600	4200	6230	4	1500	3000	105	1800	1350
	2	2400	3800					8 ou +	5400	6300			
6212	8 ou +	8600	9600	15	5600	4200	6332	6	4100	5000	120	1700	1275
	6	7200	8100					8 ou +	5100	6000			
6312	4	5400	6200	20	5300	3975	6334	6	3800	3800	130	1600	1200
	2	2100	3300					8 ou +	4500	5300			
6214	8 ou +	8300	9300	15	5000	3750	6338	6	2600	3900	160	1400	1050
	6	6900	7800					8 ou +	3600	4500			
6314	4	5100	5900	30	4500	3375	6244	6	1400	2700	205	1200	900
	2	1400	2600					8 ou +	2000	3300			
6315	2	1050	2100	30	4300	3225							

Tabela 3: Recomendações de intervalo máximo de lubrificação de motores. Retirado do Manual de Instalação e Manutenção de Motores WEG.

Motores equipados com graxeira e plugues de alívio devem ser lubrificados com pistola engraxadeira de baixa pressão usando o seguinte procedimento:

- (1) O bico da pistola engraxadeira e as regiões ao redor graxeira do motor devem ser limpos.
- (2) O plugue de alívio deve ser removido e o orifício de alívio deve estar livre de qualquer graxa endurecida.
- (3) Com o motor em funcionamento, adicionar a graxa até que a nova graxa seja expelida através do plugue de alívio ou até ser introduzida a quantidade definida em tabelas.
- (4) O motor deve operar por cerca de 10 minutos com o plugue de alívio removido para expelir o excesso de graxa.

(5) O plugue de alívio deve ser limpo e recolocado.

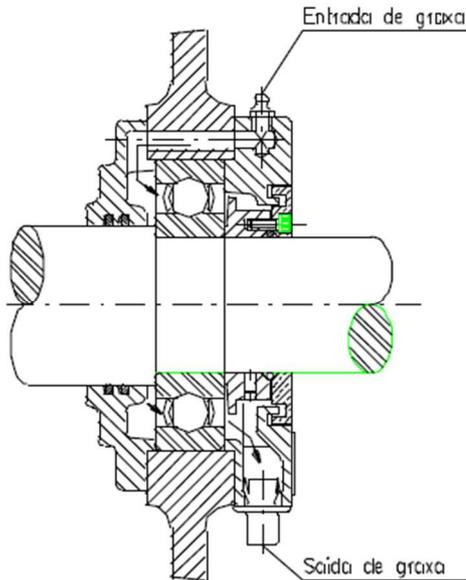


Figura 38: Rolamentos e sistemas de lubrificação.

Recomenda-se a lubrificação a óleo quando um motor está equipado com mancais de deslizamento. Algumas vezes a lubrificação a óleo é usada para rolamentos de rolo sob certas condições.

Os óleos para motores elétricos lubrificantes devem ser óleos circulantes de alta qualidade com inibidores de corrosão e oxidação. A viscosidade do óleo necessária para o melhor desempenho dos mancais do motor é determinada pela velocidade do motor e a temperatura de operação.

As recomendações do fabricante do motor para a viscosidade do óleo devem ser seguidas. Portanto em motores com lubrificação a óleo deve atentar para o prazo de troca do óleo (horas de operação e/ou prazo) e, a viscosidade e o pH do óleo devem ser analisadas periodicamente.

Em sistemas lubrificadas a óleo, é necessário que o nível do óleo seja mantido. O nível do óleo deve ser acompanhado diariamente e pode ser verificado por meio de um visor de nível, por exemplo. Normalmente, esses sistemas devem ser drenados e reabastecido com óleo novo periodicamente.

Inspeções visuais devem ser realizadas periodicamente. Essas inspeções são necessárias para detectar deficiências mecânicas ou de lubrificação antes que elas se tornem mais graves. A inspeção deve incluir verificações de aumento de temperatura, ruído excessivo do rolamento, excesso vibração, e vazamento de lubrificante. Se alguma dessas condições forem detectadas, a causa deve ser localizada e corrigida.

A resistência de isolamento dos motores elétricos deverá ser medida com a tensão de ensaio pertinente indicada na Tabela 4. Caso a tensão de teste seja muito alta, poderá sobrecarregar o isolamento do equipamento, degradando o mesmo.

Winding rated voltage (V) ^a	Insulation resistance test direct voltage (V)
<1000	500
1000–2500	500–1000
2501–5000	1000–2500
5001–12 000	2500–5000
>12 000	5000–10 000

^aRated line-to-line voltage for three-phase ac machines, line-to-ground voltage for single-phase machines, and rated direct voltage for dc machines or field windings.

Tabela 4: Valores de tensão a ser aplicada durante testes de isolamento

Os valores de referência para avaliação de degradação do isolamento dos motores elétricos deverão ser fornecidos pelo fabricante do equipamento. Caso as referências não sejam disponibilizadas, considera-se satisfatória a resistência elétrica medida no circuito sob ensaio, com os equipamentos de utilização desconectados, superior aos valores mínimos especificados na Tabela 5.

Minimum insulation resistance	Test specimen
$IR_{1 \min} = kV + 1$	For most windings made before about 1970, all field windings, and others not described below
$IR_{1 \min} = 100$	For most dc armature and ac windings built after about 1970 (form-wound coils)
$IR_{1 \min} = 5$	For most machines with random-wound stator coils and form-wound coils rated below 1 kV

NOTES

1— $IR_{1 \min}$ is the recommended minimum insulation resistance, in megohms, at 40 °C of the entire machine winding

2— kV is the rated machine terminal to terminal voltage, in rms kV

Tabela 5: Valores mínimos recomendados de resistência de isolamento.

5.2.8. ACOPLAMENTOS DE MOTORES

A máquina elétrica deve estar perfeitamente alinhada com a máquina acionada, especialmente nos casos de acoplamento direto. Um alinhamento incorreto pode causar defeito nos rolamentos, vibrações e até mesmo, ruptura do eixo.

Uma maneira de conseguir-se um alinhamento correto é usando relógios comparadores, colocados um em cada semi-luva, um apontado radialmente e outro axialmente. Assim é possível verificar simultaneamente o desvio de paralelismo, e o desvio de concentricidade, ao dar-se uma volta completa nos eixos. Os mostradores não devem ultrapassar a leitura de 0,05 mm. Se o montador dispuser de experiência suficiente, pode conseguir as condições de alinhamento com um calibrador de folgas e uma régua de aço, desde que as luvas estejam perfeitas e centradas (Figura 39).

Uma medição em 4 diferentes pontos de circunferência não poderá apresentar uma diferença maior que 0,03mm.

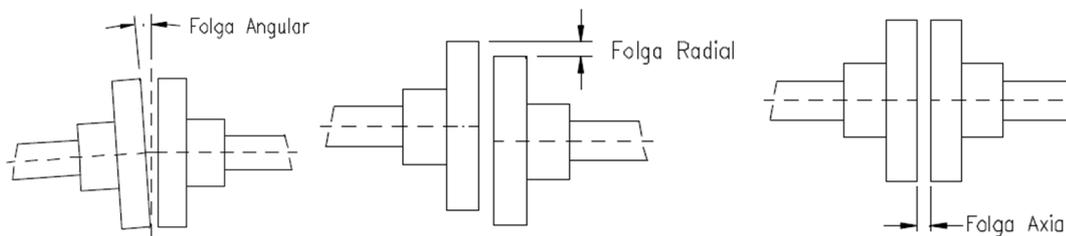


Figura 39: Ajustes de acoplamentos.

No alinhamento/nivelamento deve-se considerar o efeito da temperatura sobre o motor e a máquina acionada. As diferentes dilatações das máquinas acopladas podem significar uma alteração no alinhamento/nivelamento durante o funcionamento da máquina.

Após o alinhamento do conjunto e verificação do perfeito alinhamento (tanto a frio como a quente) deve-se fazer a pinagem do motor.

Existem instrumentos que realizam o alinhamento utilizando raio laser visível e computador próprio com programas específicos que conferem alta confiabilidade e precisão no alinhamento de máquinas.

a) Acoplamento direto

Deve-se preferir sempre o acoplamento direto, devido ao menor custo, reduzido espaço ocupado, ausência de deslizamento (correias) e maior segurança contra acidentes. No caso de transmissão com relação de velocidade, é usual também o acoplamento direto através de redutores. Alinhar cuidadosamente as pontas de eixos, usando acoplamento flexível, sempre que possível.

Folga	Pólos	
	2	≥ 4
Radial	0,03mm	0,05mm
Axial	3 a 4mm	3 a 4mm
Angular	0,10mm	0,10mm

Tabela 6: Valores de folgas recomendadas para acoplamento direto.

b) Acoplamento por engrenagens

Acoplamento por engrenagens mal alinhadas, dão origem a solavancos que provocam vibrações na própria transmissão e no motor. Cumpre cuidar, portanto, para que os eixos fiquem em alinhamento perfeito, rigorosamente paralelos no caso de engrenagens retas e em ângulo certo no caso de engrenagens cônicas ou helicoidais.

O engrenamento perfeito poderá ser controlado com inserção de uma tira de papel, na qual apareça após uma volta, o decalque de todos os dentes.

c) Acoplamento por meio de polias e correias

Quando uma relação de velocidade é necessária, a transmissão por correia é a mais frequentemente usada. Para montagem de polias em ponta de eixo com rasgo de chaveta e furo roscado na ponta, a polia deve ser encaixada até na metade do rasgo da chaveta apenas com esforço manual do montador.

Para eixos sem furo roscado recomenda-se aquecer a polia de 80°C.

Evitar esforços radiais desnecessários nos mancais, situando os eixos paralelos entre si e as polias perfeitamente alinhadas (Figura 40).

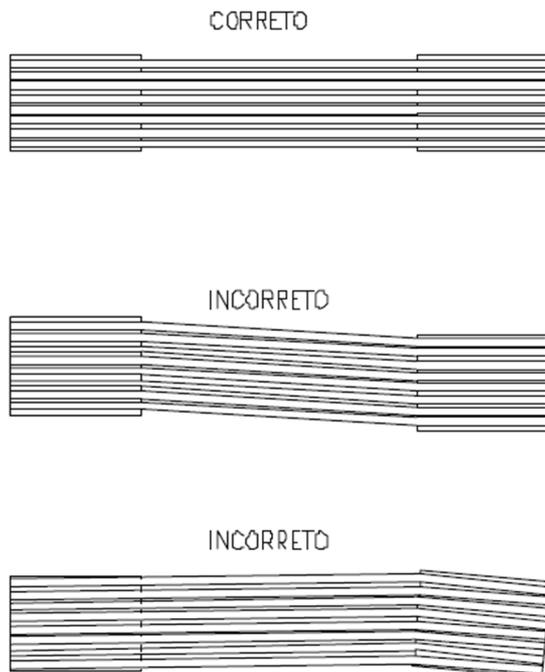


Figura 40: Representação do correto alinhamento das correias.

Correias que trabalham lateralmente enviesadas transmitem batidas de sentido alternante ao rotor, e poderão danificar os encostos do mancal. O escorregamento da correia poderá ser evitado com aplicação de um material resinoso, como o breu, por exemplo.

A tensão na correia deverá ser apenas suficiente para evitar o escorregamento no funcionamento (Figura 41).

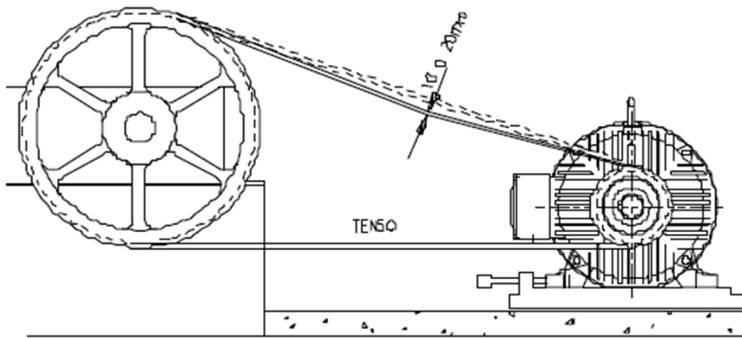


Figura 41: Verificação de tensão na correia.

5.2.9. CABOS E PLUGS

Deve ser inspecionado o estado da isolação dos cabos e condutores e de seus elementos de conexão, fixação e suporte, com vista a detectar sinais de aquecimento excessivo, rachaduras e ressecamentos, verificando-se também se a fixação, identificação e limpeza se encontram em boas condições.

Para os cabos do service loop do Top Drive estabelecer rotina de inspeção periódica quanto a verificação das proteções dos cabos e mangueiras, danos no isolamento causado por atrito com estruturas do Top Drive ou outro equipamento/estrutura. Em caso de danos, substituir o cabo e/ou a mangueira.

6. REFERÊNCIAS

- 1) MANUAL DE COMUNICAÇÃO DE INCIDENTES DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL DA AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, VERSÃO 3;
- 2) SOLAS - INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE SAFETY OF LIFE AT SEA - REGULATION 4 - PROBABILITY OF IGNITION;
- 3) IMO MSC.1/CIRC.1321 - 11 JUNE 2009 - GUIDELINES FOR MEASURES TO PREVENT FIRES IN ENGINE-ROOMS AND CARGO PUMP-ROOMS;
- 4) NOTA TÉCNICA DPPS/NAVAL 2020.03 – GUIA DE PREVENÇÃO DE INCÊNDIO OCASIONADO POR VAZAMENTO DE ÓLEO DIESEL OU LUBRIFICANTE EM PARTES QUENTES NA PRAÇA DE MÁQUINA;
- 5) ABNT NBR IEC 61892-1, UNIDADES MARÍTIMAS FIXAS E MÓVEIS – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PARTE 1: REQUISITOS E CONDIÇÕES GERAIS;
- 6) ABNT NBR IEC 61892-2, UNIDADES MARÍTIMAS FIXAS E MÓVEIS – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PARTE 2: PROJETOS DE SISTEMAS ELÉTRICOS;
- 7) ABNT NBR IEC 61892-1, UNIDADES MARÍTIMAS FIXAS E MÓVEIS – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PARTE 3: EQUIPAMENTOS;
- 8) NFPA 70B – RECOMMENDED PRACTICE FOR ELECTRICAL EQUIPMENT MAINTENANCE;
- 9) IEEE 43-2000, RECOMMENDED PRACTICE FOR TESTING INSULATION RESISTANCE OF ROTATING MACHINERY;
- 10) MANUAL DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DE MOTORES WEG;
- 11) ABNT NBR 5410, INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO;
- 12) ABNT NBR 14039, INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO DE 1,0 A 36,2 KV.